

for a living planet®



Waldbau



Met



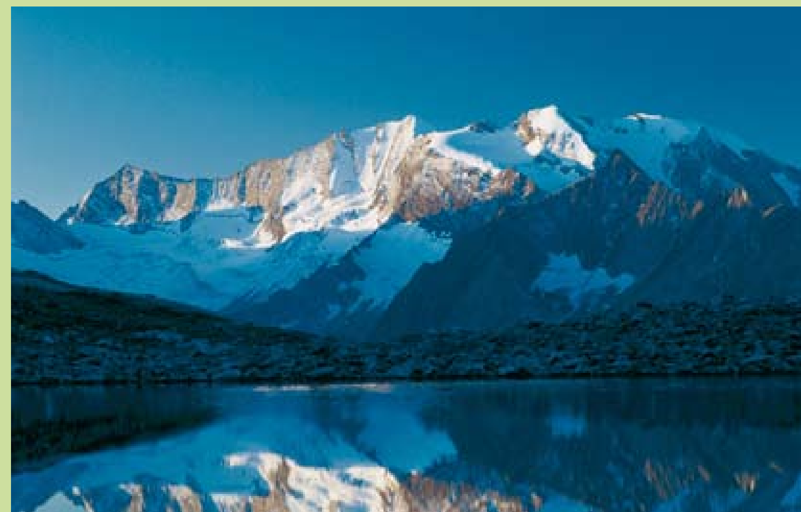
ÖBf ÖSTERREICHISCHE BUNDESFORSTE AG
WO DIE NATUR ZU HAUSE IST

Klimawandel und Artenvielfalt

Wie klimafit sind Österreichs Wälder, Flüsse und Alpenlandschaften?







VISIT…

LANZAROTE

Caliente.COM

Klimawandel & Artenvielfalt

Wie klimafit sind Österreichs Wälder, Flüsse und Alpenlandschaften?





© H. Köppel

Hauptautoren:[1]

Markus Niedermair, Manfred J. Lexer, Gerald Plattner, Herbert Formayer, Rupert Seidl

Beiträge:[2]

Peter Hirschberger, Gerhard Egger, Klemens Schadauer, Alexandra Wieshaider, Norbert Putzgruber, Klaus Haslinger

Projektkoordination:[3]

Markus Niedermair

Auftraggeber:[4]

Österreichische Bundesforste AG – Kompetenzfeld Natur- und Umweltschutz

Inhaltsverzeichnis

Einleitung
Globale Klimaerwärmung ...... S. 04
Ökosysteme im Klimawandel ...... S. 04 – 05
Klimawandel in Österreich ...... S. 05
Alpen & Klimawandel ...... S. 05

1] Die Klimazukunft Österreichs ...... S. 06
1.1 Klimaerwärmung ...... S. 06
1.2 Niederschläge ...... S. 07
1.3 Extremereignisse ...... S. 08

2] Wald ...... S. 09
2.1 Fichten ...... S. 09
2.2 Borkenkäfer ...... S. 10
2.3 Buchen ...... S. 11
2.4 Sturmschäden ...... S. 12

3] Gewässer ...... S. 13
3.1 Fische ...... S. 13
3.2 Niedrigwasserstände ...... S. 14
3.3 Vegetationsänderungen ...... S. 14

4] Biodiversität ...... S. 15
4.1 Alpenräume ...... S. 15
4.2 Pflanzen ...... S. 15
4.3 Moore ...... S. 16
4.4 Tiere ...... S. 16

5] Schlussfolgerungen und Empfehlungen ...... S. 17
5.1 Waldbau ...... S. 18
5.2 Wasserbau ...... S. 18
5.3 Naturschutz ...... S. 19

Quellenverzeichnis ...... S. 20 – 22
Fußnoten ...... S. 23 – 25



Zusammenfassung

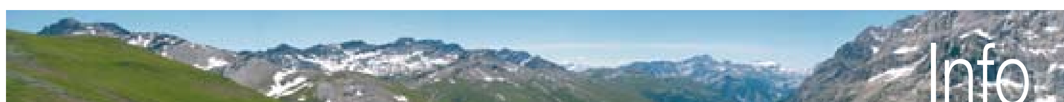
Die Klimaerwärmung und die intensive Landnutzung bedrohen bereits heute einige der größten Wunder der Natur in Österreich: Äschen und Bachforellen, Birkhühner und Schneehasen, aber auch Auwälder und viele Alpenpflanzen sind bereits heute selten. Das dieser Studie zu Grunde liegende Klimaszenario bringt vor allem für die Wälder, die Flüsse und die Tierwelt der Alpen zusätzlichen und teilweise hochgradigen Klimastress – die Temperatur wird bis 2100 um 5 °C zunehmen.

Wie viele Arten aufgrund der Klimaerwärmung aussterben werden, lässt sich für Österreich noch nicht beziffern. Der UNO-Klima-Bericht geht davon aus, dass bis zu 1/3 der globalen Artenvielfalt durch die Klimaerwärmung bedroht ist. Dass sich der Klimawandel aber auch stark auf einzelne – nicht direkt vom Aussterben bedrohte – Arten auswirkt, zeigen besonders eindrucksvoll die Ergebnisse dieser Studie für Österreichs Hauptbaumarten Buche und Fichte. Die für diese Baumarten nicht oder nur sehr schlecht geeigneten Gebiete verändern sich um ein Vielfaches.

Da ein weiterer Temperaturanstieg im Alpenraum von 2 bis 3 °C praktisch unvermeidbar ist, müssen wir unsere Wälder, Flüsse und alpinen Ökosysteme so weit es geht auf die kommenden Klimaveränderungen vorbereiten. Die Autoren sind sich einig, dass gegen die Auswirkungen des Klimawandels vor allem mehr natürliche Vielfalt bzw. eine nachhaltige Nutzung der Ökosysteme hilft, denn wie die vorliegende Studie bestätigt, sind es vor allem die schlecht angepassten und „unnatürlichen" Lebensräume, die durch klimatische Stressfaktoren geschädigt werden können.

Die einzige wirksame Gegenmaßnahme zur Klimaerwärmung ist die Senkung des Ausstoßes an Treibhausgasen. Daneben ist vor allem Weitsicht wichtig, um die Wälder, Fließgewässer und Alpenlandschaften langfristig klimafit zu machen. Aus diesem Grund schließt die vorliegende Studie mit Handlungsempfehlungen für eine klimasichere und artenreiche Zukunft, die gemeinsam von ÖBf und WWF erarbeitet wurden und in den kommenden Jahren in die Praxis umgesetzt werden sollen.

Einleitung



Im 21. Jahrhundert wird eine weitere globale Erderwärmung zwischen 1,8 und 4 °C erwartet[5] – rund 1/3 der bekannten Arten weltweit stehen auf dem Spiel. Österreich ist von der Erwärmung besonders betroffen. Die von der UNO geforderte Stabilisierung unterhalb der gefährlichen 2 °C-Marke[6] erfordert eine Halbierung des globalen CO_2-Ausstoßes bis 2050.

Globale Klimaänderung

Im letzten Jahrhundert erwärmte sich die bodennahe Atmosphäre um 0,74 °C, davon allein um 0,6 in den letzten 30 Jahren.[7] Der CO_2-Gehalt der Atmosphäre ist der höchste seit 650.000 Jahren.[8] Aufgrund der langen Lebenszeit des CO_2 ist ein weiteres halbes Grad Erderwärmung bereits unvermeidbar, selbst wenn der globale Treibhausgasausstoß schlagartig auf null zurückgefahren würde.[9] Wie die genaue Temperaturveränderung im 21. Jahrhundert ausfallen wird, hängt davon ab, wie schnell es gelingt, den globalen Ausstoß an Kohlendioxid zu senken. Die BOKU, der WWF und die ÖBf unterstützen deshalb das Ziel der UNO, den Klimawandel durch eine Halbierung des globalen CO_2-Ausstoßes bis 2050 unterhalb der gefährlichen 2 °C-Marke zu stoppen – bis dahin fehlen nur noch 0,7 Grad. Selbst wenn diese Stabilisierung gelingt, wird die Erde auf dem höchsten Temperaturniveau seit 1 Million Jahren sein.[10]

Simulierte Temperaturänderung mit ECHAM5/MPI-OM: IPCC Szenario A1B

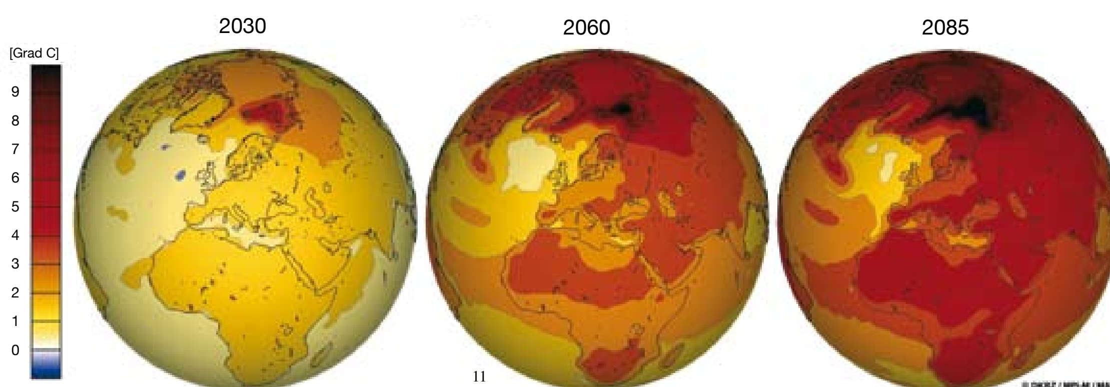


Abbildung 1: Globale Temperaturveränderung gemäß Klimaszenario A1B der UNO. Dieses globale Szenario bildet die klimatologische Basis der vorliegenden Studie.

Auswirkungen der Klimaänderung auf Ökosysteme

Von den Eismassen der Polkappen bis zum Great-Barrier-Reef in Australien und von den Küstenwäldern in Ostafrika bis zum Regenwald im Amazonas-Becken sind die Folgen der Erwärmung bereits überall zu spüren. Studien zeigen, dass ca. 1.700 Arten begonnen haben, polwärts zu wandern – mit einer Geschwindigkeit von zuletzt 6 km pro Jahrzehnt. Die Klimazonen – d. h. ihre Lebensräume – verschieben sich derzeit jedoch bereits mehr als 7-mal so schnell (50 km pro Jahrzehnt), in Zukunft

könnten es 100 km pro Jahrzehnt werden.[12] Ein großer Teil der Arten droht dabei auf der Strecke zu bleiben. Der Stern-Report geht davon aus, dass bei einer globalen Temperaturerhöhung von 2 °C rund 25 Prozent, ab 3 °C sogar ein Drittel der bekannten Arten durch den Verlust ihrer Lebensräume verschwinden könnten.[13] Besonders gefährdet sind jene Arten, die keine Auswanderungsmöglichkeit haben, wie z. B. die Korallenriffe im Südpazifik, die Tiere und Pflanzen der Polarregionen und der Alpen. Die Fähigkeiten der Tiere und Pflanzen zur Anpassung an die Klimaänderung wird nur einen Teil dieser Verluste ausgleichen können – eine komplette Auslöschung vieler Arten kann nur durch eine Senkung des globalen CO_2-Ausstoßes verhindert werden.

Folgen der Klimaänderung in Österreich

In Österreich hat sich die Jahresdurchschnittstemperatur im letzten Jahrhundert um 1,8 °C und damit 2- bis 3-mal stärker als jene der Nordhalbkugel erhöht, wobei alle Höhenlagen betroffen sind.[14] Die Gletscher der Ostalpen verloren in den letzten 150 Jahren 52 Prozent ihrer Fläche und mehr als 60 Prozent ihrer Masse.[15] Die Gletscher sind aber nur der offensichtlichste Beleg dafür, dass bereits die bisherige Erwärmung in Österreich genügte, um ökologisch hochgradig wirksam zu sein. Durch die überdurchschnittliche Temperaturveränderung in den Alpen ist hier auch eine besondere Gefährdung von Arten zu erwarten.[16] Über 40 % der höheren Pflanzen, 55 % der Säugetiere, 59 % der Vogelarten und 65 % der Fischarten in Österreich sind bereits heute u. a. durch menschlichen Siedlungsdruck, durch die Zerschneidung von Landschaften oder durch die Verbauung der Fließgewässer gefährdet.[17] Mit den Folgen des Klimawandels kommt zu den bereits wirkenden Gefährdungsfaktoren für die biologische Vielfalt ein weiterer hinzu. Gemäß neuem Klimabericht der UNO stehen bis zu 60 % der Pflanzenvielfalt Europas auf dem Spiel.[18]


© F. Kovacs

Die Klimazukunft der Alpen

Klimawissenschafter weltweit sind sich einig, dass die alpinen Ökosysteme durch die Klimaerwärmung besonders unter Druck kommen werden. Bisherige Pilotstudien sowie die hier vorliegenden neuen Ergebnisse der Universität für Bodenkultur in Wien (BOKU) können die wesentlichen erwarteten Trends für Österreich eindrucksvoll bestätigen. Die folgende Studie präsentiert eine Zusammenschau des derzeitigen Wissensstands zum Klimawandel in Österreich sowie neue Abschätzungen für die Entwicklung von Klimastress für Baumarten des österreichischen Waldes bei einer weiteren Klimaerwärmung von 2,5 bis 5 °C. Es wird gezeigt, wie sich die aus der Stressbelastung abgeleitete Eignung von wichtigen Baumarten durch eine Klimaveränderung verändern könnte.[19] Zu beachten ist dabei, dass neben der globalen Klimaerwärmung auch in Zukunft der Faktor Mensch die Schlüsselgröße für die Entwicklung der Artenvielfalt und die Nachhaltigkeit unserer Ökosysteme bleiben wird. Aus diesem Grund schließt die vorliegende Studie mit Handlungsempfehlungen für eine klimasichere und artenreiche Zukunft unserer Ökosysteme – die gemeinsam von ÖBf, BOKU und WWF erarbeitet wurden.

1] Die Klimazukunft Österreichs

Info

Klimawandel findet statt: Drei der vier extremsten Sommer der letzten 200 Jahre lagen innerhalb der letzten 15 Jahre.[20] Das Klima der Zukunft wird tendenziell noch heißer, trockener und extremer. Die Durchschnittstemperaturen könnten um 2,5 bis 5 °C zunehmen. Nach wie vor gilt der Hitzesommer 2003 als anschauliches Beispiel dafür, wie sich in Zukunft das Klima in Österreich ändern könnte.

1.1) Klimaerwärmung in Österreich

Bis ins Jahr 2085 werden die Jahresdurchschnittstemperaturen in Österreich zwischen 2,5 und über 5 °C erheblich ansteigen.[21] Die stärkste Erwärmung verzeichnen die hohen Lagen in Vorarlberg, Tirol, Salzburg und Kärnten, die der globalen Erwärmung voll ausgesetzt sind.

2085: Veränderung der durchschnittlichen Jahrestemperaturen

bezogen auf die Klimanormalperiode 1961–1990, gemittelt über 30 Jahre, Szenario A1B

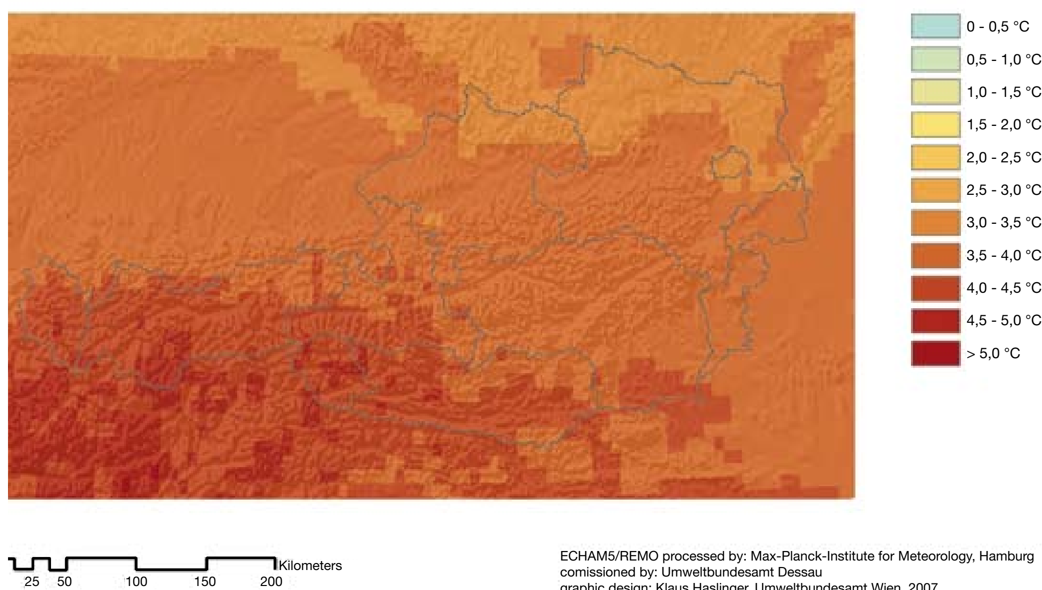


Abbildung 2: Temperaturveränderung in Österreich gemäß Klimaszenario A1B der UNO

In den tieferen Lagen fällt die Erwärmung nicht zuletzt durch Inversionseffekte geringer aus – sie beträgt aber zumindest 2,5 °C. Das hier gezeigte und im Folgenden untersuchte A1B-Szenario der UNO ist in Sachen Klimaschutz durchaus optimistisch.[22] Das Risiko, dass die Temperaturen bis ins Jahr 2100 um bis zu 6,4 °C steigen könnten, ist nicht auszuschließen.[23] Der UNO-Klimabericht zeigt indes, dass es durch eine Halbierung des globalen CO_2-Ausstoßes bis 2050 nach wie vor möglich ist, die Erderwärmung unterhalb von 2 °C zu stabilisieren.[24] Industrienationen wie Österreich müssten dazu ihren CO_2-Ausstoß bis 2050 um 60 bis 80 Prozent reduzieren.

Im Jahresgang werden die höchsten Erwärmungen im Sommer und Winter erwartet: Bis 2050 werden im A1B-Szenario für Österreich Erhöhungen von ca. 2 °C erwartet, bis 2100 von rund 5 °C im Winter und im Sommer. In den Übergangsjahreszeiten Herbst und Frühling fallen die Erwärmungen bis Ende des Jahrhunderts geringer aus: Sie liegen aber immer noch bei 2 °C und mehr (Abbildung 3). Im Vergleich mit der globalen Entwicklung ist davon auszugehen, dass die Erderwärmung in Österreich bis zu doppelt so stark durchschlagen wird wie im globalen Durchschnitt.[25]

Klimaerwärmung in Österreich bis 2100 (Szenario A1B)

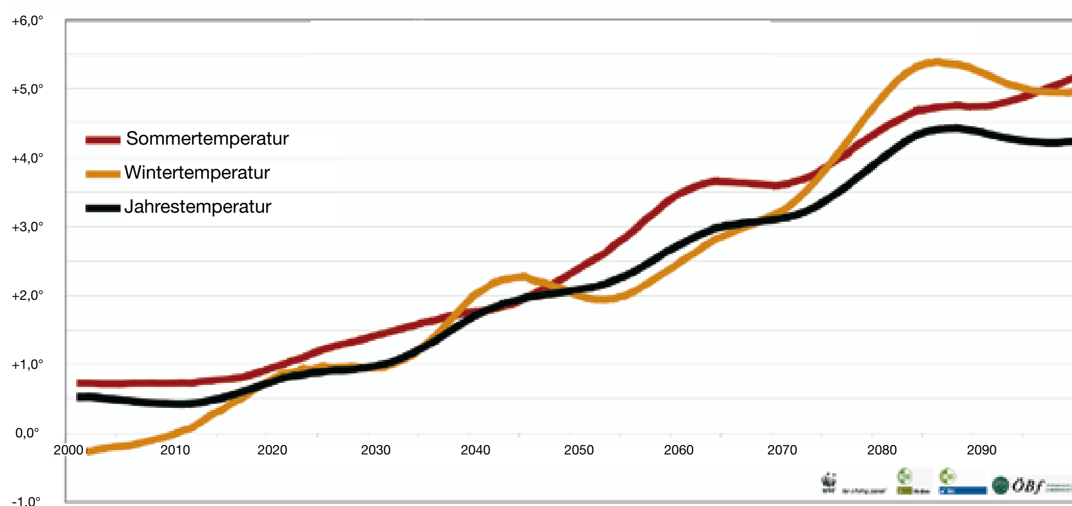


Abbildung 3: Entwicklung der Jahresdurchschnittstemperaturen in Österreich gemäß dem UNO-Klimaszenario A1B. Dargestellt sind die Entwicklung von Sommer-, Winter- und Jahresdurchschnittstemperatur.

1.2) Niederschläge

Bis zum Ende dieses Jahrhunderts werden die Niederschläge in den Wintermonaten um bis zu 40 % zunehmen. In den Sommermonaten werden die Niederschläge zwischen 10 und 50 % abnehmen – mit einem Höhepunkt der Abnahme im August. In den Übergangsjahreszeiten Frühling und Herbst wiederum zeigen sich keine klaren Änderungen.[26] Die Jahressumme der Niederschläge wird sich kaum verändern (Abbildung 4), d. h., in Summe kommt es in den meisten Landesteilen zu einer Verlagerung der Niederschläge vom Sommer in den Winter. Generell wird die Variabilität höher werden: Starkniederschläge, aber auch Dürresommer – wie zuletzt 2003 – werden häufiger werden.



© iStockPhoto

Veränderung der Monatsniederschläge in Österreich

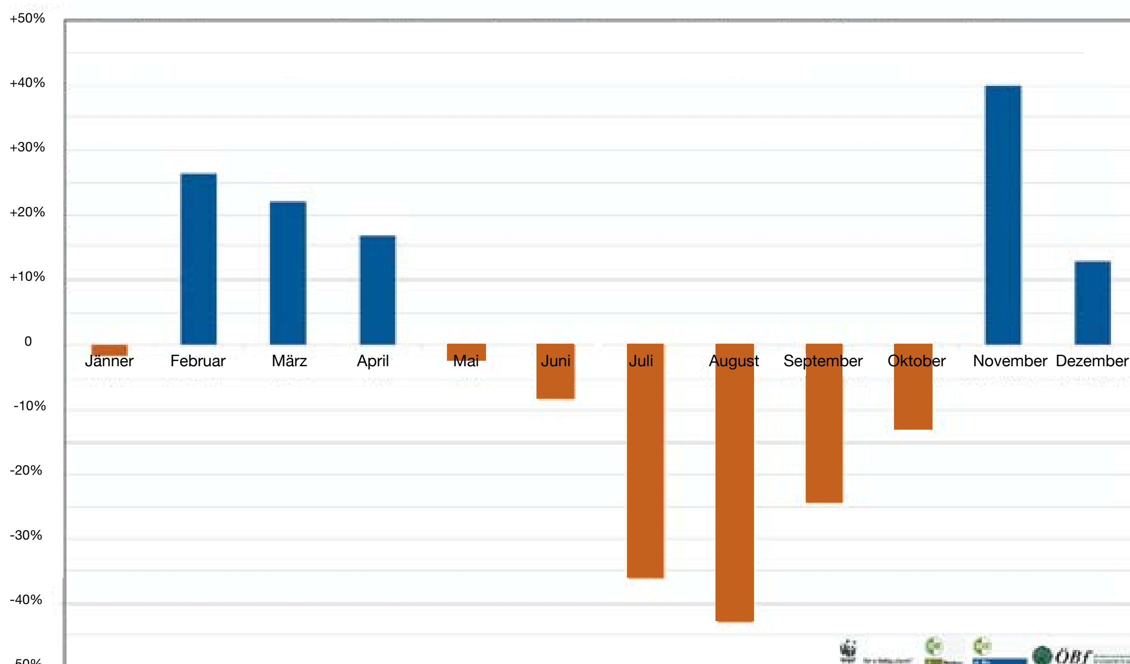


Abbildung 4: Veränderungen der Niederschläge in Österreich im Jahresverlauf. Zunahme im Winter (blau) und Abnahme im Sommer (rot). Änderungen beziehen sich auf den Vergleich der Perioden 1961–1990 und 2071–2100.

1.3) Extremereignisse

Der prognostizierte Anstieg der mittleren Temperaturen ist mit großer Wahrscheinlichkeit auch mit einer Erhöhung der Temperaturextreme verbunden:[27] Hitzetage mit Temperaturen über 30 °C werden im gesamten Bundesgebiet zunehmen.[28] Vor allem für die südöstlichen Landesteile scheint ein Anstieg der kontinentalen Sommertrockenheit und der damit verbundenen Dürregefahr wahrscheinlich.[29] Extremsommer wie im Jahr 2003 könnten bereits Mitte des Jahrhunderts zum „Normalfall" werden. Für die Niederschläge wird sowohl im Winter als auch im Sommer eine Zunahme von Starkniederschlägen vorausgesagt. Bis zum Ende des Jahrhunderts könnte bereits die Hälfte der Jahresniederschläge in Form von Starkniederschlägen fallen – derzeit sind es rund 35 Prozent.[30] Das Hochwasserrisiko wird in Österreich im gesamten Bundesgebiet ansteigen.[31] Die steigende Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen könnte für die Artenvielfalt entscheidender sein als die Veränderung der Durchschnittstemperaturen.[32] Diese Aussagen werden durch die vorliegende Studie teilweise bestätigt.



Veränderung der Niederschläge bis 2100 (Szenario A1B)

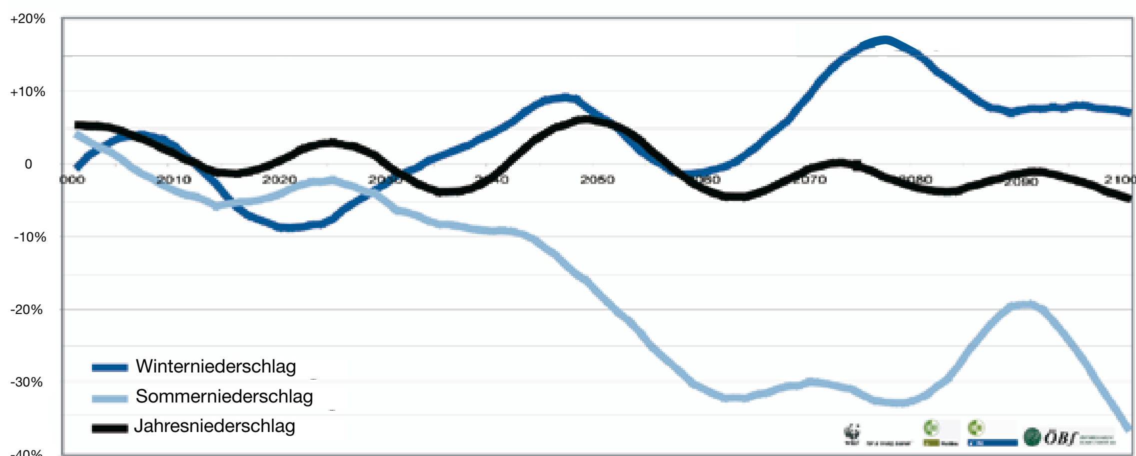
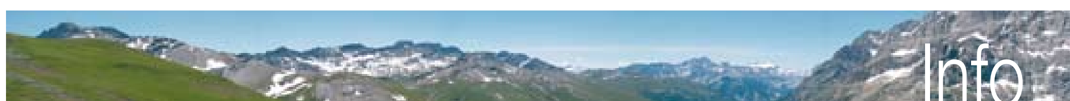


Abbildung 5: Entwicklung der Jahresniederschläge in Österreich gemäß dem UNO-Klimaszenario A1B. Dargestellt sind die Entwicklung von Sommer-, Winter- und Jahresniederschlägen. Die Winterniederschläge nehmen zu (dunkelblau), die Sommerniederschläge nehmen ab (hellblau), die Jahresniederschläge bleiben etwa gleich.

2] Österreichs Wald im Klimawandel



Trockenstress und Insektenschäden werden mit der Klimaerwärmung zunehmen und die Entwicklungsbedingungen für den österreichischen Wald drastisch verändern. Gewinner dieser Entwicklung sind Baumarten wie z. B. Eiche oder Kiefer, die mit geringeren Niederschlägen in der Vegetationsperiode zurechtkommen, oder die Buche, die zukünftig auch in höheren Lagen geeignete Lebensräume vorfinden wird. Eindeutiger Verlierer wird die Fichte sein. In Summe werden die Spielräume für die Baumartenauswahl und damit auch für mehr Vielfalt in unseren Bergwäldern in Zukunft größer.

2.1) Auswirkungen auf Österreichs Hauptbaumart Fichte

Die Fichte ist mit einem Flächenanteil von über 50 % die bei weitem häufigste Baumart im österreichischen Wald.[33] Es zeigt sich, dass stressbedingt die Eignung der Fichte unter der prognostizierten Klimaänderung in niedrigen bis mittleren Seehöhen stark abnimmt (siehe Karte im Anhang). Besonders betroffen von der steigenden Stressbelastung sind der sommerwarme Osten (Niederösterreich), das subillyrische Hügelland (Steiermark, Südburgenland) sowie der Donauraum, wo es zu einer starken Zunahme von für Fichte sehr schlecht geeigneten Waldgebieten (d. h. Gebieten mit sehr hoher Stressbelastung) unter Klimaänderungsbedingungen kommt (Abbildung 6). Auffallend ist aber auch eine deutliche Verschlechterung der Bedingungen für Fichte im Mühl- und Waldviertel, wo eine Verringerung des – unter heutigem Klima noch ausreichenden – Niederschlages in der Vegetationsperiode zu verstärktem Trockenstress führt. In solchen Bereichen mit sehr hohem Klimastress wird eine nachhaltige geregelte Bewirtschaftung von Fichtenwäldern im Allgemeinen weitgehend unmöglich werden.

Fichte: Veränderung von Stress im Klimawandel

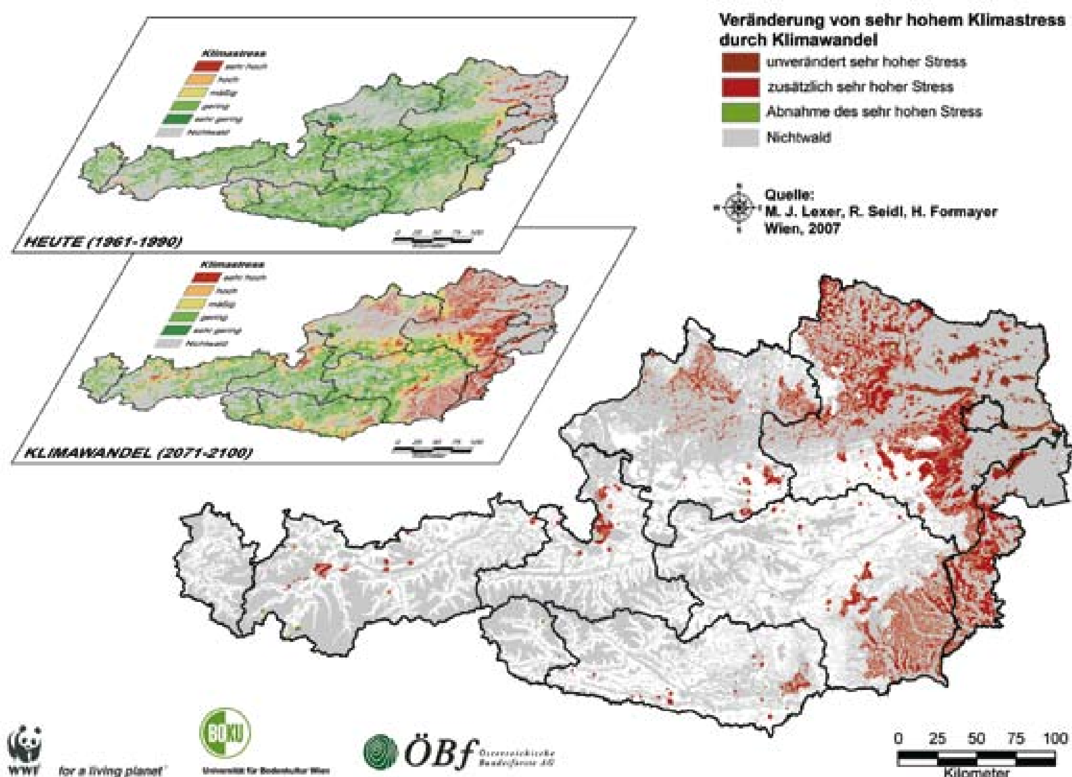


Abbildung 6: Veränderung der Stressbelastung für Fichte durch Klimawandel.[34] Im Insert sind anhand von zwei Karten die Klimastress-Belastung der Fichte heute und unter Klimawandel in fünf Stress-Kategorien dargestellt. Die Hauptkarte zeigt die Gebiete mit sehr hoher Stressbelastung und gibt deren flächenmäßige Veränderung (Ausdehnung, Verringerung) durch Klimawandel wieder.

2.2) Borkenkäfer

Bezieht man Störungen durch den Fichtenborkenkäfer in die Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels für Fichte mit ein, so zeigt sich eine deutliche Zunahme der sehr schlecht geeigneten Waldflächen. Dieses Ergebnis kommt dadurch zustande, dass der Borkenkäfer selbst durch wärmeres Klima in seiner Entwicklung begünstigt wird, während die Fichte im selben Atemzug unter Klimastress leidet und dadurch anfälliger für Schäden wird. Dadurch verbleiben im Wesentlichen nur im Alpenbogen in höheren Lagen für die Fichte geeignete Gebiete. Es kommt zu einem starken Vorrücken der Borkenkäferproblematik in höhere Lagen, was auch in den letzten Jahren bereits beobachtet werden konnte.[35]





© iStockPhoto, © WWF / WWF-Germany/Julia Balz

Fichte: Veränderung von Stress im Klimawandel
unter Berücksichtigung von Störungen durch Borkenkäfer

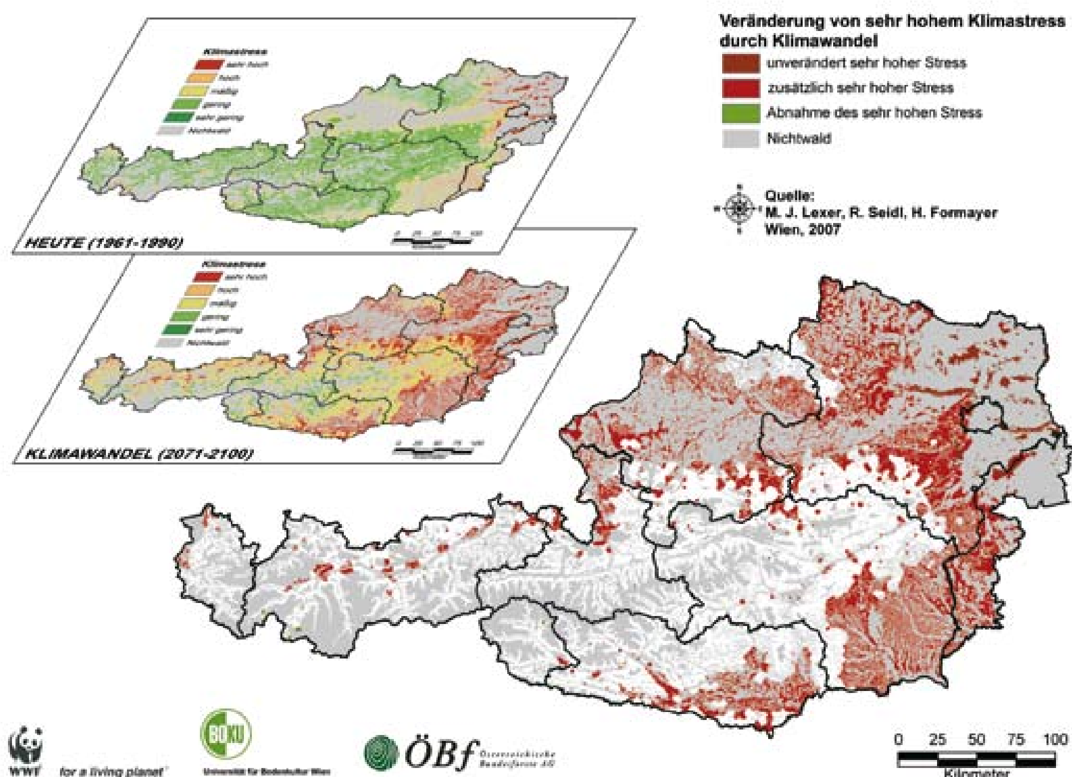


Abbildung 7: Veränderung der Stressbelastung für Fichte durch Klimawandel unter Berücksichtigung von Borkenkäferstörungen.[34] Im Insert sind anhand von zwei Karten die Klimastress-Belastung der Fichte heute und unter Klimawandel in fünf Stress-Kategorien dargestellt. Die Hauptkarte zeigt die Gebiete mit sehr hoher Stressbelastung und gibt deren flächenmäßige Veränderung (Ausdehnung, Verringerung) durch Klimawandel wieder.

2.3) Buche

Für die Buche, die häufigste Laubbaumart im österreichischen Wald, zeigt sich im Vergleich zur Fichte ein differenzierteres Bild im Hinblick auf die Veränderung der stressbedingten Eignung unter Klimaänderung. Die deutliche Erwärmung hat zur Folge, dass die Buche in den Gebirgslagen des gesamten Ostalpenraumes Standorte mit erträglichen Bedingungen vorfindet und nur mehr auf Extremstandorten durch Kälte limitiert wird (Abbildung 8). Die vor allem im Osten Österreichs zunehmende starke Trockenheit (Jahresniederschläge <600 mm) führt jedoch auch zu einer starken Zunahme der durch Trockenstress belasteten Gebiete vor allem im Waldviertel sowie entlang des Alpenostrandes bis ins südliche Burgenland. In Summe aber wird die Buche das für sie potenziell besiedelbare Areal in Österreich als Folge der Klimaänderung ausdehnen können.


© WWF / Fritz PÖLKING

Buche: Veränderung von Stress im Klimawandel

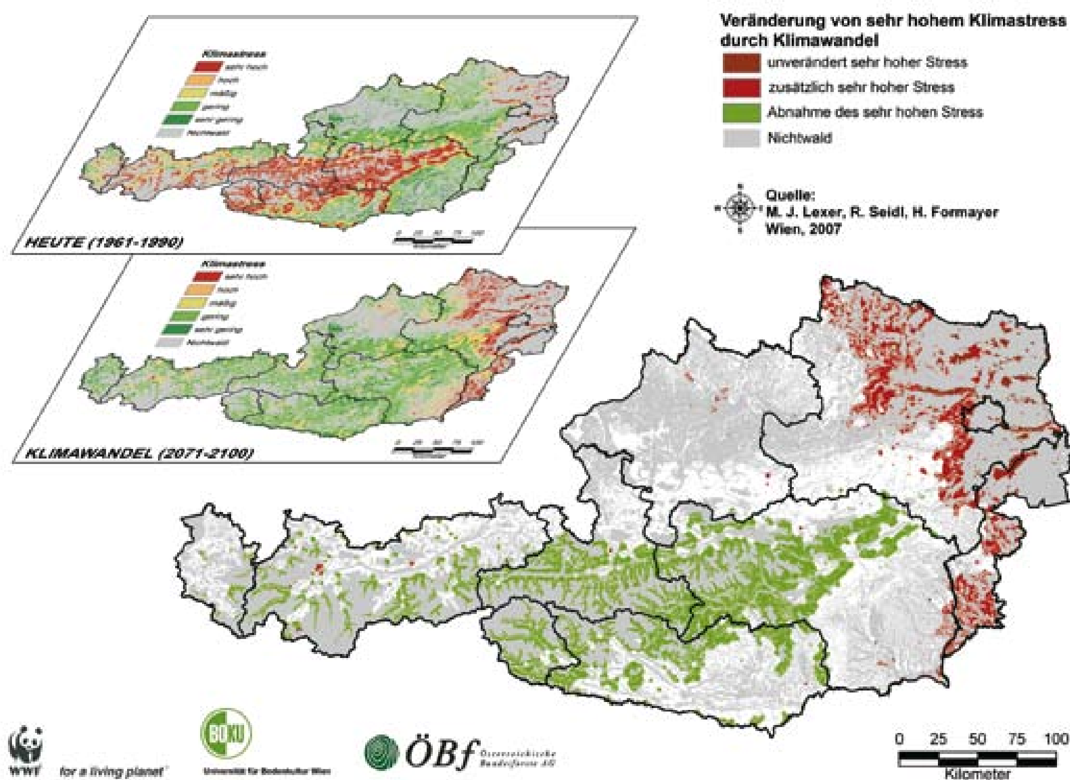


Abbildung 8: Veränderung der Stressbelastung für Buche durch Klimawandel.[34] Im Insert sind anhand von zwei Karten die Klimastress-Belastung der Buche heute und unter Klimawandel in fünf Stress-Kategorien dargestellt. Die Hauptkarte zeigt die Gebiete mit sehr hoher Stressbelastung und gibt deren flächenmäßige Veränderung (Ausdehnung, Verringerung) durch Klimawandel wieder.

2.4) Sturmschäden

Die Klimaerwärmung könnte die Voraussetzung für die Entstehung extremer Winterstürme verändern. Viele Modellrechnungen sagen eine Zunahme des Wasserdampfs in der Atmosphäre und eine Zunahme der Zyklonenaktivität im östlichen Nordatlantik und über Westeuropa voraus.[36] In Westeuropa werden intensivere Stürme vom Schweizer Klimabeirat daher vorsichtig als mögliche Entwicklung eingestuft. Für Küstenstaaten wie z. B. Frankreich, die Niederlande oder Großbritannien wird diese Einschätzung bereits von mehreren Studien gestützt.[37] Generell sind diese Szenarien aber mit erheblichen Unsicherheiten verbunden, da Klimamodelle Sturmtiefs und deren Zugbahnen generell nur sehr schlecht voraussagen können. Wie sich die Häufigkeit von extremen Winterstürmen in Österreich verändern wird, ist daher nicht im Detail bekannt.



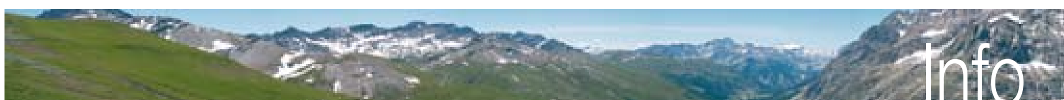
© WWF-Canon / Anton VORAUER

Fazit Wald

Die prognostizierte Klimaänderung wird die ökologischen Bedingungen in Österreichs Wäldern stark verändern. In zunehmenden Gebieten mit großer Trockenheit im Osten Österreichs werden trockenheitstolerante Baumarten wie z. B. Eichenarten stark an Bedeutung gewinnen, um die erwünschten Waldfunktionen dauerhaft sicherstellen zu können. Es ist in diesen Gebieten aber von einem generellen Ansteigen der Klimastressbelastung für den Wald auszugehen. Die Fichte gerät bis in Mittelgebirgslagen vor allem durch Borkenkäfergefährdung stark unter Druck. Störungen durch Schadorganismen werden generell ein zunehmendes Problem für die nachhaltige Waldbewirtschaftung darstellen. Dies könnte zu einer Verminderung der Schutzwirksamkeit unserer Bergwälder gegenüber Naturgefahren führen. Neben diesen negativen Auswirkungen einer Klimaänderung werden die heute bestehenden klimatischen Einschränkungen für viele andere Baumarten im Gebirge jedoch durch die Klimaänderung weitgehend reduziert. Dies wird die Anzahl der potenziell geeigneten Baumarten für den Gebirgswald vergrößern und künftig neue und komplexe Herausforderungen an den Waldbau stellen. Im Gebirge wird es zu einem Ansteigen der klimabedingten Waldgrenze kommen.


© F. Kovacs

3] Österreichs Gewässer im Klimawandel



Die Erwärmung der Gewässer verkleinert die Lebensräume von Kaltwasserfischen wie z. B. Äsche, Bachforelle oder Huchen. Karpfen oder exotische Fischarten werden vom Klimawandel dagegen profitieren. Durch die Abnahme der Gletscherspende, trockenere Sommer und stärkere Schwankungen der Abflussdynamik steigt das Risiko von Niedrigwasserständen mit negativen Folgen für die Fischbestände. Durch die zunehmende Bedeutung des ökologischen Hochwasserschutzes entsteht eine Chance für die Renaturierung der österreichischen Flusslandschaften.

3.1) Fische

Die Klimaerwärmung hat einen unmittelbaren Einfluss auf die Wassertemperaturen:[38] Für den Schweizer Alpenraum zeigen Szenarien, dass die Wassertemperaturen in den Flüssen bis 2050 um ungefähr 2 °C gegenüber 1990 ansteigen werden.[39] Als Folge werden die Lebensräume der Kaltwasserfische um 20 bis 25 % schrumpfen. Pilotstudien der BOKU-Meteorologie an Mur und Ybbs zeigen, dass für Österreich mit ähnlichen Größenordnungen zu rechnen ist.[40] Die Verschiebung, basierend auf den Modellergebnissen der BOKU, beträgt durchschnittlich ca. 40 bis 50 km und ist in allen Fischregionen in ähnlichem Ausmaß zu erkennen.[41] Einzelne Arten, wie z. B. die Äsche, sind derzeit infolge anderer anthropogener Eingriffe in ihrem Bestand schon so stark gefährdet, dass diese zusätzliche, klimabedingte Beeinträchtigung sie an den Rand des Aussterbens bringen könnte. Ebenfalls als akut gefährdet gelten der Huchen und die Bachforelle. In den Seen sind Felchen und Barsche bereits heute seltener geworden. Im Gegenzug werden die Gewässer geeigneter für Karpfen und exotische Fischarten.

3.2) Abflussverhalten & Niedrigwasserstände

Als Folge der Klimaerwärmung wird das Risiko extrem heißer Sommer wie zuletzt 2003 extrem zunehmen.[42] Die Sommerniederschläge werden weniger. Im Sommer und Herbst werden Niedrigwasserstände dadurch häufiger.[43] Das gilt für den Neusiedlersee[44] genauso wie für viele kleinere bis mittlere Flüsse des Alpenvorlands. Langfristig droht sich das Risiko von Niedrigwasserständen oder länger andauernder Austrocknung durch die Abnahme des Schmelzwassers der Gletscher (Gletscherspende) zu verschärfen, die speziell im Alpenraum während sommerlicher Schönwetterperioden ein wesentlicher Wasserlieferant ist.[45] Das Absterben von bachbegleitenden Gehölzen, Aufwaldstreifen und katastrophale Folgen für die Fischbestände v. a. in kleinen Fließgewässern – wie zuletzt im Dürresommer 2003 u. a. im Burgenland oder in der Umgebung von Graz[46] sichtbar – sind vorprogrammiert. Da nur wenige Fließgewässerarten an ein längerfristiges Austrocknen ihres Lebensraumes angepasst sind, wäre daher in Zukunft mit einem generellen Rückgang der Artenvielfalt zu rechnen.[47]

3.3) Vegetationsänderungen

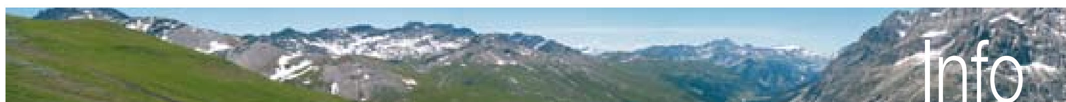
Sollte es in Folge der im Kapitel Wald skizzierten Veränderungen der Klimastressbelastung zu großräumigen Vegetationsverschiebungen kommen, wird sich auch das Abflussverhalten speziell alpiner Einzugsgebiete verändern. Sollte es in Extremjahren zu großflächigen Kalamitäten in Fichtenbeständen in Hanglagen kommen, würde dies zu erhöhtem Bodenabtrag durch Erosion führen und damit nachhaltig die Wasserspeicherkapazität des Gebietes reduziert werden. Dadurch könnte es klimabedingt in einigen Gebieten der nördlichen und südlichen Kalkalpen zur Verkarstung kommen, was das Abflussverhalten und die Fähigkeit zur Wasserspeicherung dieser Regionen deutlich verschlechtern würde.[48] Diese fehlende Bodenfeuchte im Falle von Trockenzeiten könnte den Trockenstress der Vegetation und damit den Druck auf die Artenvielfalt weiter verschärfen.

Fazit Gewässer

Österreichs Flüsse und Seen sind in vielfältiger Weise vom Klimawandel betroffen. Neben einem starken Temperaturanstieg in vielen Gewässern werden eine Abnahme der Sommerabflüsse, eine Zunahme der Häufigkeit und Stärke von Hochwasserereignissen und größere Schwankungen in der Abflussdynamik prognostiziert.[49] Für Fische und andere Flussbewohner und die Pflanzenwelt am Ufer der Gewässer bedeutet dies zusätzlichen Stress. Durch die starken Eingriffe an unseren Flüssen, Bächen und Augebieten ist die Artenvielfalt der Wasserlebensräume von den Auwäldern bis zu den Fischen ohnehin bereits stark gefährdet. 223 Pflanzen- und 668 Tierarten der Flusslebensräume stehen in Österreich durch die Segmentierung und Regulierung der Flüsse schon heute auf der Roten Liste der gefährdeten Arten.[50] Die Klimaerwärmung, aber auch der steigende Bedarf an klimafreundlichem Strom aus Wasserkraft, könnte diese Problematik in Zukunft deutlich verschärfen. Gleichzeitig wird aufgrund einer Zunahme des Hochwasserrisikos in Österreich der ökologische Hochwasserschutz an Bedeutung gewinnen. Naturnahe Fließgewässer schützen nicht nur vor Hochwasser, sondern bieten vielen Tier- und Pflanzenarten Lebensraum und tragen damit sehr wesentlich zur Erhaltung einer hohen biologischen Vielfalt bei.



4] Alpenräume im Klimawandel



Auf nur 3 % der Fläche Europas oberhalb der Waldgrenze leben 20 % von Europas Pflanzenvielfalt.[51] An dieser „Kältegrenze des Lebens" wird sich der Klimawandel am stärksten zeigen. Wärmeempfindliche Arten werden in höhere Lagen ausweichen. Wenig mobile Arten oder solche ohne Auswanderungsmöglichkeit werden stark eingeschränkt oder verschwinden. Im Gegenzug werden Tiere und Pflanzen aus wärmeren Regionen nach Österreich einwandern.

4.1) Alpenräume

„Der anhand von Klimaszenarien angezeigte Temperaturanstieg von bis zu 5 °C im Alpenraum innerhalb dieses Jahrhunderts könnte zu einem massiven Gefährdungsfaktor für alpine Ökosysteme werden. Hochgebirgs-Ökosysteme sind durch tiefe Temperaturen definiert und gelten deshalb als besonders empfindlich in ihrer Reaktion auf die Klimaerwärmung."[52] Dieser massive Temperaturanstieg im Sommer, mit gleichzeitiger Niederschlagsverlagerung aus der Vegetationsperiode in den Winter, wird die alpine Vegetation stark beanspruchen und besonders die Wälder werden Anpassungsschwierigkeiten bekommen.[53] Sichtbarstes Anzeichen für die Reaktion der Alpen auf die Klimaerwärmung sind die Gletscher, die aufgrund der bisherigen Erwärmung bereits große Eisverluste hinnehmen mussten. Bis 2050 ist im Alpenraum mit einem weiteren Rückgang der Gletscher zu rechnen: Bei einer mittleren Erwärmung dürfte die Fläche der Alpengletscher um ca. drei Viertel abnehmen. Viele kleinere Gletscher werden verschwinden.[54]



© F. Pritz

4.2) Pflanzen

Österreichs Pflanzen haben sich durch die bisherige Klimaerwärmung erwartungsgemäß nach oben bewegt.[55] Untersuchungen der Universität Wien[56] wiesen nach, dass bereits während der letzten 100 Jahre Grasarten in den Alpen als Reaktion auf die Klimaerwärmung um bis zu 4 m pro Jahrzehnt höher wanderten.[57] In der Folge wird eine besonders artenreiche Pflanzenwelt oberhalb der Waldgrenze verdrängt, denn die kälteliebenden Arten, wie z. B. der Alpenmannschild, der Gletscher-Hahnenfuss oder der Moos-Steinbrech,[58] die bereits jetzt auf den höchsten Punkten leben, haben keine Ausweichmöglichkeit mehr. Da fast 20 % aller europäischen Pflanzenarten nur im Hochgebirge oberhalb der Waldgrenze vorkommt,[59] ist die prognostizierte Temperaturzunahme für die Artenvielfalt der Alpen dramatisch. Für die prognostizierte Temperaturerhöhung von 3 bis 5 °C wird eine Verschiebung der Vegetationsgürtel um 400 bis 700 m nach oben erwartet.[60]

4.3) Moore

Moore – als Beispiel eines sensiblen Ökosystems – zählen trotz intensiver Schutzbemühungen nach wie vor zu den bedrohtesten Lebensräumen Österreichs. International besteht Konsens, dass der Klimawandel maßgebliche Auswirkungen auf die Moore und Feuchtgebiete hat und haben wird:[61] Der nationale Klimabericht der Schweiz geht davon aus, dass die höheren Temperaturen und die längeren Trockenperioden die Hochmoore gefährden könnten und für Hochmoore untypische Arten in deren Lebensräume vordringen könnten, was „einem Ökosystemumbau gleichkäme". Für die Flachmoore prognostizieren die Schweizer KlimaforscherInnen zusätzlichen Druck durch eine Abnahme der Wasserspeisung, eine Reduktion ihrer Fläche und eine Abnahme der Artenzahl, da die verdrängten Moor-Arten Spezialisten sind, die keine anderen Lebensräume besiedeln können[62] . Vergleichbare Langzeitexperimente aus Skandinavien belegen,[63] dass gerade die Kombination mehrere Gefährdungsfaktoren, etwa der Eutrophierung und eines Temperaturanstiegs zu dramatischen Rückgängen im Lebensraum Moor führen kann.

4.4) Tiere

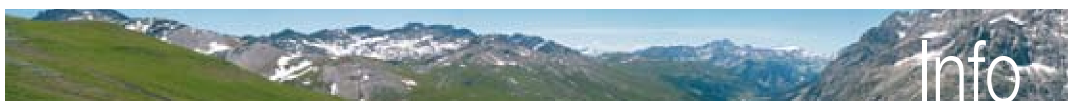


Größere Wildtiere sind in der Regel sehr mobil und können ungünstigen Lebensraumbedingungen durch Abwandern ausweichen, sofern menschliche Einflüsse dem nicht entgegenstehen.[64] Kälteliebende Arten wie z. B. Schneehase oder Schneehuhn könnten in Gebirgen mit einer großen alpinen und nivalen Stufe durch die Klimaerwärmung vorerst mehr Lebensraum vorfinden. Felsenbewohnende Arten südlicher Herkunft wie z. B. Steinbock, Alpendole, Alpenmauerläufer oder Steinhuhn könnten ihre Areale nach oben ausdehnen, sofern die Berge hoch genug sind. Negativ betroffen sind hingegen Populationen von sehr isoliertem Vorkommen und solche, die auf tief liegenderen Gipfeln leben und nicht weiter in die Höhe ausweichen können.[65] Alpine Arten wie z. B. Schneefink, Bergpieper oder Alpenschneehuhn könnten von einer solchen Verkleinerung ihrer Areale betroffen sein und in einigen Gegenden aussterben. In den tieferen Lagen Österreichs wird mit einer Fortsetzung der „Mediterranisierung" gerechnet – die mit der Zunahme wärmeliebender Arten wie z. B. der Smaragdeidechse oder der Gottesanbeterin bereits begonnen hat.[66] Da es in Österreich trotz Erderwärmung nach wie vor Frost und Kälteeinbrüche geben wird, sind der Einwanderung von Tier- und Pflanzenarten aus wärmeren Regionen aber klare Grenzen gesetzt.[67]

Fazit Biologische Vielfalt

Der Klimawandel wird die Klima- und Vegetationszonen in Österreich erheblich verschieben und damit die Artenvielfalt in Österreich in Zukunft stark verändern. Viele dieser Veränderungen sind irreversibel.[68] Negativ betroffen sind vor allem die an kühle Lebensräume angepassten Tiere und Pflanzen der Alpen. Viele Pflanzen, Fische und Bäume werden in höhergelegene Regionen oder flussaufwärts ausweichen müssen. Für einige von ihnen wird der damit einhergehende Verlust an Lebensraum zur tödlichen Artenfalle werden. Besonders gefährdet sind Arten, die nur sehr isoliert vorkommen, und jene, die nicht weiter in die Höhe ausweichen können. Andererseits werden durch die Erwärmung Pflanzen- und Tierarten aus wärmeren Regionen in Österreich einwandern. Beispiele dafür sind das indische Springkraut, der Eschenahorn oder die Goldrute. In Summe wird sich die Biodiversität in Österreich durch Zuwanderung nominell erhöhen.[69] Die Folgen dieser Zuwanderung für derzeit heimische Arten sind unbekannt. „Vermutlich ist davon auszugehen, dass der Großteil dieser Arten geringe Veränderungen, einige wenige aber sehr bedeutende negative ökologische Auswirkungen haben könnten" (Boku-Met 2003). In der Gesamtbewertung der Artenvielfalt sind die Verluste besonders an alpinen Arten höher zu gewichten, da Endemiten – d. h. Arten, die nur in Österreich vorkommen – damit weltweit aussterben, wohingegen die einwandernden Arten in vielen Teilen Europas vorkommen.[70]

5] Schlussfolgerungen und Empfehlungen



Die Klimaerwärmung wird die Artenzusammensetzung in Österreich deutlich verändern. Inwieweit damit auch ein Verlust von Arten einhergeht, hängt vor allem vom Menschen ab – konkret von der Landnutzung und der Frage, inwieweit der Mensch Anpassungsstrategien der Natur an den Klimawandel wie z. B. das Wandern von Tier- und Pflanzenarten zulässt.

Durch die prognostizierte Klimaerwärmung kommt es zu einer massiven Verschiebung der Klimazonen in Richtung Norden und gipfelwärts, was gerade für die alpine und nivale Klimazone mit einem massiven Flächenverlust einhergeht. Die Artenzusammensetzung der Ökosysteme in Österreich wird sich daher langfristig mit Sicherheit ändern. Bestehende Ökosysteme geraten aus dem Gleichgewicht. Sie können in andere Höhenlagen vordringen, auseinander gerissen werden oder vollständig verschwinden. Mindestens ebenso wichtig für die Artenvielfalt in Österreichs Wäldern, Flüssen und Alpenlandschaften wird aber die Landnutzung durch den Menschen bleiben. Die starke Intensivierung der Raumnutzung hat im vergangenen Jahrhundert zu massiven Artenverlusten geführt[71] – diese Entwicklung wird auch in Zukunft die Bedingungen für die Artenvielfalt entscheidend bestimmen. So positiv der Trend zu erneuerbaren Energiequellen ist, birgt er doch durch eine Intensivierung der Nutzung der Gewässer für die Wasserkraft und der Wälder und landwirtschaftlichen Flächen für die Bioenergie-Produktion eine zusätzliche Gefährdung der biologischen Vielfalt. So wie die Temperaturszenarien dieser Studie entscheidend vom globalen CO_2-Ausstoß der Menschheit bestimmt sind, so gilt auch für die Natur und Artenvielfalt, dass die Fähigkeit der Ökosysteme zur Anpassung an den Klimawandel vor allem durch den Menschen bestimmt ist. Aus diesem Grund haben BOKU, ÖBf und WWF im Folgenden die wichtigsten Empfehlungen für die Entwicklung klimastabiler und artenreicher Ökosysteme zusammengestellt: Die Empfehlungen gliedern sich in drei Teile: Waldbau, Wasserbau und Naturschutz.



5.1) Empfehlungen Waldbau

- **Rechtzeitige Anpassung:** Der Klimawandel erfordert gezielte Anpassungsstrategien: Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei Anpassungsmaßnahmen in der Waldbewirtschaftung mit sehr langen Vorlaufzeiten bis zum Wirksamwerden zu rechnen ist. Wichtig für eine nachhaltige multifunktionale Waldbewirtschaftung ist die Risikoverminderung, z. B. durch Förderung der Arten- und Strukturvielfalt sowie der genetischen Diversität und durch die Wahl an den Klimawandel angepasster, in der Regel heimischer Baumarten mit entsprechend weiter ökologischer Amplitude. Hierzu müssen Planungsgrundlagen wie Standorts- und Waldtypenkartierungen überarbeitet und an sich verändernde Klimabedingungen angepasst werden.

- **Stressfaktoren reduzieren:** Klimastress stellt nur eine (zusätzliche) Komponente im „Stressportfolio" von Wäldern in Österreich dar – vielerorts sind Wälder schon heute durch Immissionen, Folgen intensiver Landnutzung und überhöhte Wildbestände belastet. Eine Reduktion solcher nicht direkt mit Klimaänderung in Zusammenhang stehender Belastungen kann zu einer Erhöhung der Stabilität und Widerstandsfähigkeit[72] unter sich änderndem Klima beitragen. Die verstärkte Nutzung von Biomasse als klimafreundlicher Energiequelle sollte nachhaltig und ohne zusätzliche Belastung für das Ökosystem Wald durchgeführt werden.[73]

- **Vernetzung von Maßnahmen:** Wichtig ist eine Vernetzung und Abstimmung von Maßnahmen, die zum Klimaschutz und zu einer Förderung von stabilen, artenreichen Wäldern beitragen. Da Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität, inklusive der genetischen Diversität, und Strukturvielfalt (z. B. im Rahmen von Natura 2000, Biodiversitätskonvention CBD etc.) einen entscheidenden Beitrag zur zukünftigen Stabilität und zum gesteigerten Selbstausheilvermögen der Wälder leisten, wäre es wichtig, sie mit notwendigen Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel zu vernetzen. Die vielfältigen Funktionen des Waldes für den Klimaschutz – als CO_2-Speicher, als Wasserspeicher und als Substitution für fossile Energieträger – müssen mit den waldbaulichen Anpassungsmaßnahmen abgestimmt werden.

5.2) Empfehlungen Wasserbau

- **Flüsse renaturieren:** Generell ist die Forcierung des ökologischen Hochwasserschutzes und der Flussrevitalisierung mit dem Schaffen von Retentionsräumen, der Anbindung von Seitengewässern und der Initiierung von Auwäldern aus Gründen der Artenvielfalt, aber auch aus Sicherheitsgründen ein Gebot der Stunde. Denn Schotterbänke, Auen und Flussinseln haben eine bremsende Wirkung auf Hochwasserwellen. Mit dem Schutz und der aktiven Wiederherstellung von Auen und Feuchtgebieten wird darüber hinaus die Verweildauer des Wassers in der Landschaft wieder erhöht und damit zukünftige Schwankungen im Abfluss abgefedert.

- **Durchgängigkeit verbessern:** Die Wiederherstellung des Fließkontinuums durch Fischaufstiegshilfen und durch die Anbindung von Seitenarmen gibt sowohl Fischen als auch der restlichen aquatischen Lebenwelt die Möglichkeit, potenziellen Bedrohungen durch häufigere Niedrigwasserstände und stärkere Temperaturschwankungen auszuweichen.

- **Restwassermengen erhöhen:** Bereits jetzt sind Niedrigwasserstände in Trockenperioden eine Bedrohung für die Ökologie vieler Gewässer. Die Abflussschwankungen werden diesen Effekt verstärken. Bei neuen, aber auch bestehenden Kraftwerken müssen der Klimawandel und damit die Änderungen des Abflussverhaltens in zukünftigen Restwasservorschreibungen Berücksichtigung finden.

5.3) Empfehlungen Naturschutz

- **Schutzgebiete und Lebensraumvernetzung:** Traditionelle Naturschutzmaßnahmen wie Schutzgebiete, Korridore und eine kleinräumige, vielfältige Landnutzung sind geeignete Maßnahmen, um auch die Herausforderung der Klimaerwärmung zu bestehen und der Natur die Anpassung an den Klimawandel zu ermöglichen. Bestehende Strategien im Natur- und Waldschutz sollten im Sinne dieser Studie evaluiert, auf Lücken überprüft und gegebenenfalls ergänzt werden. Dazu ist ein „Masterplan Schutzgebiete“, wie von der CBD gefordert, notwendig. Wildnisgebiete sollten als Testfälle für die Auswirkungen des Klimawandels ausgeweitet werden.

- **Aktives Management:** Für bedrohte Arten und Lebensräume reicht eine passive Unterschutzstellung alleine nicht aus. Um den Erhalt von Schutzgütern wie z. B. Mooren oder artenreichen Bergwiesen gewährleisten zu können, braucht es neben der Schutzgebietsausweisung auch eine aktive Gebietsbetreuung: das so genannte Gebietsmanagement. Gutes Gebietsmanagement ermöglicht fachlich fundierte Planung und Durchführung gezielter Pflegemaßnahmen, die optimale Integration lokaler Interessenvertreter sowie die bestmögliche Nutzung der bereitstehenden Ressourcen. Durch eine klare Ansprechperson vor Ort – den/die SchutzgebietsbetreuerIn – kann die Umsetzung der notwendigen Maßnahmen zum Erhalt der Schutzgüter gewährleistet werden.

- **Nicht klimatische Stressfaktoren reduzieren:** Der Klimawandel ist ein langfristig wirkender Gefährdungsfaktor, der sich für viele Tiere und Pflanzen vor allem im Zusammenspiel mit bestehenden Beeinträchtigungen fatal auswirken kann. Daher ist ein sparsamer Umgang mit den Ressourcen Strom, Wasser, Holz und Landfläche die Basis aller erfolgreicher Artenschutzbemühungen. Damit ein sparsamer Umgang z. B. mit Strom Realität werden kann, ist eine aktive Politik gefordert, die Sparen unterstützt und Verschwendung bestraft. In Österreich brauchen wir mit unserem Lebensstil derzeit die Ressourcen von 2 1⁄2 Planeten Erde – mit der Tendenz weiter steigend. Mehr Effizienz bei der Nutzung von Ressourcen, ein nachhaltigerer Lebensstil und eine aktive Politik zur Senkung des klimaschädigenden Energieverbrauchs sind daher neben Anpassungsmaßnahmen die wichtigsten Empfehlungen der Autoren dieser Studie.



© F. Pritz

Quellenverzeichnis

BOKU-Met 2003:	Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Tierwelt – derzeitiger Wissensstand, fokussiert auf den Alpenraum und Österreich. Studie im Auftrag des BMLUFW.
BOKU-Met & IHG 2004:	Beurteilung der Auswirkungen möglicher Klimaänderungen auf die Fischfauna anhand ausgewählter Fließgewässer. Studie im Auftrag des BMLUFW. www.boku.ac.at/imp/klima/index.html
BOKU-Met & WWF 2004:	Extremereignisse und Klimawandel in Österreich aus der Sicht der Forschung. www.boku.ac.at/imp/klima/index.html
BOKU-Met 2005:	„Auswirkungen einer Klimaänderung auf den Wasserhaushalt des Neusiedler Sees". Endbericht 2005.
ECHAM5:	Roeckner, Erich; Lautenschlager, Michael; Schneider, Heiko 2006; IPCC-AR4 MPI-ECHAM5_T63L31 MPI-OM_GR1.5L40 SRESB1 run no.1: atmosphere monthly mean values MPI-met/MaD Germany. [doi: 10.1594/WDCC/EH5-T63L31_OM-GR1.5L40_B1_1_MM]
GOTTFRIED et al. 2002:	Potential effects of climate change on alpine and nival plants in the Alps. In: Körner, C. & Spehn, E.M. (Hg.) Mountain biodiversity - a global assessment. Parthenon Publishing, London, New York, pp 213–223.
GRABHERR et al. 2000:	Der Wald im Klimawandel – Nachhaltige Waldentwicklung im sommerwarmen Osten Österreichs. Klagenfurt, 2000.
GRABHERR et al. 2006:	idw – Pressemitteilung: Klimaerwärmung verdrängt Pflanzenwelt. Neue Studie der Universität Wien zur Alpen-Vegetation. www.gloria.ac.at/press_articles/idw_Pressemitteilung_Schrankogel.pdf
HANSEN 2006:	The threat to the planet. New York Rev. Books, 53, no. 12 (July 13, 2006). http://pubs.giss.nasa.gov/docs/2006/2006_Hansen.pdf
HIRSCHBERGER 2006:	Potenziale der Biomassenutzung aus dem Österreichischen Wald unter Berücksichtigung der Biodiversität. Studie des WWF in Zusammenarbeit mit der Österreichischen Bundesforste AG. Purkersdorf / Wien, 2006. www.bundesforste.at/fileadmin/template/Publikationen/Biomassestudie.pdf

IPCC 2007a:	Climate Change 2007: The Physical Science Basis. IPCC WG I contribution to Fourth Assessment. Report Summary for Policy Makers. www.ipcc.ch/
IPCC 2007b:	Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. IPCC WG II contribution to Fourth Assessment Report. Summary for Policymakers. www.ipcc.ch/
LEXER et al. 2000	The sensitivity of Central European mountain forests to scenarios of climate change: Methodological frame for a large-scale risk assessment. Silva Fennica, 34, 2, 113–129.
LEXER et al. 2002	The sensitivity of Austrian forests to scenarios of climate change: a large-scale risk assesment based on a modified gap model and forest inventory data. Forest Ecology and Management, 162, 53–72.
LEXER et al. 2006	Waldbaukonzepte im Klimawandel – ein simulationsgestützter Vergleich. BFW-Praxisinformation, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, 10-2006, 25-27; ISSN 1815-3895 (verfügbar unter http://bfw.ac.at/db/bfwcms.web?dok=5200 ; 2007-06-14).
PAULI et al. 2006:	Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: Observations (1994-2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria. Global Change Biology (doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01282.x; online early).
ProClim 2007a:	Klimaänderung und die Schweiz 2050: Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. ProClim, Bern, 2007.
ProClim 2007b:	Online-Version von Klimaänderung und die Schweiz 2050. www.proclim.ch/products/ch2050/CH2050-bericht_d.html
Projekt GLORIA:	Global Observation Research Iinitiative in Alpine Environments. Department of Conservation Biology, Vegetation and Landscape Ecology, University of Vienna. www.gloria.ac.at
SCHELLNHUBER 2006:	Avoiding Dangerous Climate Change. Cambridge University-Press, New York.
SCHMUTZ et al. 2003	Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Fischfauna. In Kromp-Kolb et al. Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Tierwelt. Studie im Auftrag des BMLUFW.
SEIDL 2007	Model-based analysis of sustainable forest management under climate change with particular consideration of bark beetle disturbances. Dissertation, University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU), Vienna. 173 p.

SEIDL et al. 2007	Impact of bark beetle (Ips typographus L.) disturbance on timber production and carbon sequestration in different management strategies under climate change. Forest Ecology and Management, accepted.
SRES	Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000: Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edited by Nebojsa Nakicenovic. ISBN-13: 9780521800815
STERN 2007:	Stern Review on the Economics of Climate Change, HM Treasury, Government of the United Kingdom, London, 2007. www.hm-treasury.gov.uk
THUILLER et al. 2005:	Climate change threats to plant diversity in Europe. Stanford University, Stanford, CA, April 2005
VÄRE et al. 2003:	Taxonomic diversity of vascular plants in the European alpine areas. In NAGY, L., GRABHERR, G., KÖRNER, C. & THOMPSON, D.B.A. (eds.), Alpine Biodiversity in Europe - A Europe-wide Assessment of Biological Richness and Change. Ecological Studies 167, pp. 133-148, Springer, Berlin.
WWF 2006a:	Klimawandel und Hochwasser. Erste Ergebnisse aus der Studie „Klimawandel und Hochwasser“ von BOKU-Met Wien im Auftrag des WWF. 2006. www.wwf.at
WWF 2006b:	Stormy Europe – The power sector and extreme weather. Brüssel, März 2006. www.panda.org/powerswitch/stormyeurope
WWF 2006c:	Potenziale der Biomassenutzung aus dem Österreichischen Wald unter Berücksichtigung der Biodiversität. Studie des WWF in Zusammenarbeit mit den Österreichischen Bundesforste. Wien/Purkersdorf 2006. www.bundesforste.at
WWF 2007a:	Klimawandel in Österreich – Factsheetsammlung Bundesländer 2007. www.wwf.at
WWF 2007b:	Saving the world's natural wonders from climate change. Press briefing 5. April 2007.

Fußnoten

[1] Die Hauptautoren: Dipl. nat. ETH Markus Niedermair leitet das Klimaschutzprogramm des WWF Österreich. Ao.Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Manfred J. Lexer und Dipl.-Ing. Rupert Seidl sind am Institut für Waldbau, BOKU Wien tätig. Mag.rer.nat. Dr. Herbert Formayer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Wissenschafterin des Jahres 2006 – Prof. Dr. Kromp-Kolb. Dipl. -Ing. Gerald Plattner ist Natur- und Umweltschutzbeauftragter der Österreichischen Bundesforste AG.

[2] Beiträge von: Peter Hirschberger (4con forest consulting), Gerhard Egger (WWF), Klemens Schadauer (BFW), Harald Pauli (Uni Wien), Alexandra Wieshaider, Norbert Putzgruber (ÖBf)

[3] Allfällige Fehler in dieser Arbeit gehen selbstverständlich auf das Konto des Projektkoordinators.

[4] Das Kompetenzfeld Umwelt- und Naturschutz ist u. a. verantwortlich für Vertragsnaturschutz und Sponsoring.

[5] IPCC 2007b, S. 13

[6] Das 2°-Ziel wurde auch von der EU als offizielles Ziel definiert und inzwischen mehrmals bestätigt. Vgl.http://ue.eu.int/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/en/ec/84335.pdf

[7] IPCC 2007a, S. 5

[8] IPCC 2007a, S. 2

[9] IPCC 2007b, S. 17

[10] "Der Mensch ist schuld": Interview mit James Hansen. In: Spiegel Special Nr. 1 / 2007, S. 26

[11] Michael Böttinger, Deutsches Klimarechenzentrum. Simulation: Max-Planck-Institut für Meteorologie. Abdruck mit freundlicher Genehmigung durch das DKRZ.

[12] Hansen, 2006

[13] Diese Aussage wurde vom UNO-Klimabericht 2007 bestätigt: vgl. IPCC 2007b, S.8: „20–30 Prozent aller Tier- und Pflanzenarten sind bedroht wenn die weltweite Durchschnittstemperatur um 1,5–2,5 ° C ansteigt."

[14] Böhm et al. 1998

[15] Der Standard. „Schwund der Gletscher setzt sich fort". 7/8/9 April 2007, S. 6 (seit 1850)

[16] Hansen 2006

[17] U. a. Nikelfeld, H. 1999, Zulka, K. P. et al. 2005, 2007. Dem derzeitigen Forschungsstand entsprechend kann von einem Artenbestand höherer Organismen von über 50.000 Arten in Österreich ausgegangen werden – gut ein Fünftel davon sind in den jüngsten Neuauflagen der Roten Listen Österreichs auf ihre Gefährdung hin beurteilt worden.

[18] IPCC 2007b, S. 9

[19] Für die Abschätzung der Reaktion des österreichischen Waldes auf das beschriebene Klimaänderungsszenario wurde ein stressphysiologischer Ansatz gewählt, der in Bezug auf wichtige Umweltfaktoren (z. B. Hitze, Kälte, Trockenheit) abschätzt, wie hoch die jeweilige Stressbelastung für eine bestimmte Baumart unter heutigem und zukünftigem Klima ist. Das heutige Klima wurde dabei durch die Periode 1961–1990 repräsentiert, für das zukünftige Klima wurde die Periode 2071–2100 betrachtet. Der gewählte Ansatz stellt flächig für die Ertragswaldfläche in Österreich die Stress-bedingte Eignung von ausgewählten Baumarten dar und berücksichtigt keine Konkurrenzwirkung zwischen Baumarten oder Einflüsse von Schadorganismen (Ausnahme: Borkenkäfer bei Fichte). Die gezeigten Karten stellen Basisinformation dar, auf deren Grundlage Bewirtschaftungskonzepte erarbeitet werden können. Der gewählte Ansatz beschreibt nicht eine mögliche zukünftige Vegetationszusammensetzung im österreichischen Wald. Ein wichtiges Argument für den gewählten Ansatz war, dass es derzeit schlicht unmöglich ist, die große Anzahl von direkt oder indirekt auf eine betrachtete Baumart einwirkenden Schadorganismen und deren Interaktionen im Klimawandel in Simulationsmodellen abzubilden. Angesichts der vorhandenen Wissenslücken stellt die gewählte Methodik einen pragmatischen Ansatz dar. Um jedoch trotzdem aufzuzeigen, welche Rolle Schadorganismen spielen können, wird für die Baumart Fichte mit dem Fichtenborkenkäfer ein besonders wichtiger Störfaktor zusätzlich zur autökologischen Stressbelastung berücksichtigt. Dies ist von besonderer Relevanz, da anhand dieses Beispiels sehr gut aufgezeigt werden kann, dass der Klimawandel Waldbäume nicht nur direkt durch Stress belasten kann, sondern dass gleichzeitig biotische Störfaktoren wie eben der Borkenkäfer von wärmerem Klima begünstigt werden, was zu einer Verstärkung der Belastung für betroffene Baumarten führt.

[20] BOKU-Met & WWF 2004

[21] Das Klimaszenario der BOKU basiert auf dem A1B Emissionsszenario der UNO, das auf Basis des globalen Klimamodells (ECHAM 5) für Österreich regionalisiert wurde (SRES). Die räumliche Auflösung des Modells beträgt ~1.875 ° oder ~ 200 km. Die zeitliche Auflösung der Ergebnisse sind Monate.

[22] IPCC 2007b, S. 13: Die UNO-Klimaszenarien zeigen Temperaturanstiege bis 2099 von 1,8–4,0 °C als wahrscheinlichste Werte. Der Anstieg im Szenario A1B liegt bei 2,8 °C und damit im unteren Mittelfeld.

[23] IPCC 2007b, S. 13: Den höchsten Anstieg zeigt das Szenario A1FI mit 6,4 °C.

[24] IPCC 2007b, S. 13: Szenario B1

[25] Vgl. IPCC 2007b, S.13: A1B Szenario zeigt einen globalen Anstieg von 2,8 °C. In Österreich zeigt sich das A1B Szenario in einem Anstieg von bis zu 5 °C.

[26] Details zur Entwicklung der Niederschläge in Österreich wurden in WWF 2006a veröffentlicht.

[27] ProClim 2007a, S. 17

[28] WWF 2007a

[29] BOKU-Met & WWF 2004

[30] BOKU-Met & WWF 2004

[31] WWF 2006a

[32] ProClim 2007a, S. 34

[33] Siehe Ergebnisse der Österreichischen Waldinventur 2000-2002: http://web.bfw.ac.at/i7/oewi.oewi0002

[34] Die klimabedingte Änderung der Stressbelastung wurde für ausgewählte Baumarten, unabhängig von deren tatsächlichem Vorkommen, für die Erhebungspunkte der Österreichischen Waldinventur im Ertragswald abgeschätzt, räumlich auf die Landesfläche interpoliert und für die österreichische Waldfläche graphisch dargestellt. Die Klimastressbelastung wird auf einer Skala von 0-1 dargestellt („1“ bedeutet kein Stress, „0“ ist hochgradig gestresst). Zur Darstellung der Klimastressbelastung wurden fünf gleich breite Klassen verwendet (siehe Insert). Aus der sich durch den Klimawandel ergebenden Veränderung der Stressbelastung lassen sich Folgerungen bezüglich einer zukünftigen waldbaulichen Eignung der Baumarten ableiten. Insgesamt gilt, je höher die Stressbelastung, desto geringer ist die Eignung der jeweiligen Baumart. Dabei ist besonders eine mögliche Veränderung von Gebieten mit sehr schlechter Eignung (sehr hoher Klimastress) von Interesse (siehe Hauptkarte). Bei der Interpretation der Kartendarstellungen ist zu berücksichtigen, dass durchschnittliche Bedingungen für die beiden Klimaperioden dargestellt sind (i.e. jeweils der Median der 30-jährigen Klimastress-Abschätzung). Die Stresswerte innerhalb der Perioden können von Jahr zu Jahr beträchtlich schwanken. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die am höchsten gelegenen und schwierigsten Standorte (e.g., Sonderstandorte) in der Analyse nicht enthalten sind.

[35] Krehan H, Steyrer G (2006) Borkenkäfersituation und Borkenkäfer-Monitoring 2005. Forstschutz aktuell, 35, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien. pp.10–14. ISSN 1815-5103.

[36] ProClim 2007b, Kapitel 2.10

[37] WWF Report „Stormy Europe“

[38] Als Folge der Erwärmung ist in der österreichischen Donau in den letzten 100 Jahren die mittlere jährliche Wassertemperatur um 1,3 °C von 8,9 °C auf 10,2 °C angestiegen. Vgl. Schmutz et al 2003.

[39] ProClim 2007a, S. 78

[40] BOKU-Met & IHG 2004

[41] BOKU-Met & IHG 2004, S. 40: „Dieser ‚normale' Temperaturanstieg, verursacht durch die Klimaerwärmung wird langfristig vor allem in den Oberläufen alpiner Flüsse durch einen Rückang der Gletscherspende verstärkt. Dieser Effekt muss für jeden Fluss einzeln untersucht werden, er kann jedoch eine Größenordnung von mehr als 1 °C ausmachen.“

[42] BOKU-Met & WWF 2004

[43] ProClim 2007a, S. 56

[44] BOKU Met 2005

[45] WWF 2007a: Man schätzt, das im August 2003 rund 40 % des Wassers in der Salzach aus dieser Gletscherspende bestand.

[46] BOKU-Met 2003, S. 57: „Folgen der Serie klimatisch anormaler Jahre in der unmittelbaren Umgebung von Graz sind z.B.: Tümpel und kleine Bäche sind öfter und länger andauernd ausgetrocknet. Dadurch sind heimische Wassertiere gefährdet, da mit der Austrocknung der Kleingewässer, wie Tümpel und kleinere Bäche, der Amphibien-Laich sowie die Larven vieler Wasserinsekten, Fisch- und Krebsarten vertrocknen.“

[47] BOKU-Met 2003, S. 100: „An das längerfristige Trockenfallen von Fließgewässern sind nur wenige Faunenelemente angepasst, mit einem generellen Rückgang der Biodiversität und/bzw. grundlegenden Änderungen in der Artenzusammensetzung ist in diesem Falle zu rechnen.“

[48] WWF 2006a

[49] Kromp-Kolb & T. Gerersdorfer 2003

[50] Bereits 75 % der 61 vorkommenden Flussfischarten gelten in Österreich als gefährdet. Vier Acipenseridenarten sind bereits ausgestorben (Hausen, Waxdick, Glattdick, Sternhausen), 11 Arten, demnach 18 %, sind vom Aussterben bedroht (z. B. Huchen), 7 Arten (11%) stark gefährdet (z. B. Aalrutte) und 11 Arten (18 %) als gefährdet engestuft. Dazu gehören beispielsweise Bachforelle, Äsche, Nase und Barbe, jene Arten also, die früher weit verbreitete Leitfischarten darstellten.

[51] THUILLER et al 2005

[52] GRABHERR 2006

[53] WWF 2006a

[54] ProClim 2007a

[55] Projekt GLORIA

[56] Projekt GLORIA: http://www.gloria.ac.at/?a=42&b=56

[57] Projekt GLORIA

[58] Projekt GLORIA: Alpenmannschild minus 47,5 Prozent in 10 Jahren. Gletscher Hahnenfuss minus 1/8. Ebenfalls Abnahmen bei Einblütigem Hornkraut & Moossteinbrech.

[59] VÄRE et al 2003

[60] Mündl. Auskunft Dr. Herbert Formayer, BOKU Wien: Als Faustregel gilt: Pro Grad Erwärmung 150 m

[61] IMCG, Ramsar Expert group

[62] Studien aus den italienischen Alpen belegen, dass gerade die Baumeister der Moore - die Torfmoose - hauptsächlich von den klimatischen Verhältnissen beinflusst werden.

[63] Wiedermann, M. et al. 2007 Global Change shifts vegetation and plant-parasite interactions in a boreal mire. Ecology 88: 454-464

[64] BOKU-Met 2003, S. 57

[65] Beispiel für tiefliegende Gipfel: z.T. totes Gebirge

[66] BOKU-Met 2003

[67] Boku-Met 2003, S.57

[68] ProClim 2007a, S. 28

[69] BOKU-Met 2003, S. 84

[70] ProClim 2007a, S. 33

[71] ProClim 2007a, S. 34

[72] Die Fähigkeit von Ökosystemen mit Störungen umzugehen wird auch als „Resilienz“ bezeichnet

[73] WWF 2006c

Österreichische Bundesforste AG
Pummergasse 10–12
A-3002 Purkersdorf
Tel.: +43-2231-600-0
E-Mail: bundesforste@bundesforste.at

Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wald- und Bodenwissenschaften
Peter Jordan-Str. 82
A-1190 Wien (Schwackhöferhaus, 3. Stock)
Telefon: +43-1-476 54/4301

WWF Österreich
Ottakringer Straße 114-116
A-1160 Wien
Tel.: +43 1 488 17 - 0
wwf@wwf.at

Universität für Bodenkultur Wien
Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt
Max Emanuel-Straße 17
A-1190 Wien
Tel.: +43-1-476 54-5200

Impressum: • **Auftraggeber:** österreichische Bundesforste AG – Kompetenzfeld Natur- und Umweltschutz • **Projektkoordination:** Markus Niedermair • **Hauptautoren:** Markus Niedermair, Manfred J. Lexer, Gerald Plattner, Herbert Formayer, Rupert Seidl • **Beiträge:** Peter Hirschberger, Gerhard Egger, Klemens Schadauer, Alexandra Wieshaider, Norbert Putzgruber, Klaus Haslinger • **Coverbilder:** F. Pritz (3x), iStockphoto • **Layout:** Melanie Schloffer-message Marketing & Communications GmbH





for a living planet®



Waldbau



Met



ÖBf ÖSTERREICHISCHE BUNDESFORSTE AG
WO DIE NATUR ZU HAUSE IST